



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**OCHRANA OBCE PŘED EXTRAVILÁNOVOU
VODOU**

STUDY OF POSSIBILITIES PROTECTION AGAINST RURAL ZONE WATER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Erika Ferencová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RUDOLF MILERSKI, CSc.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Erika Ferencová
Název	Ochrana obce před extravilánovou vodou
Vedoucí práce	Ing. Rudolf Milerski, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Mapové podklady vybrané obce a přilehlých pozemků,

Půdní mapy a klimatické podklady

Hydraulický a uživatelský manuál výpočtového prostředku HEC-RAS.

Příslušné normy.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Studentka ve své práci zhodnotí možnosti ochrany malých obcí před extravilánovými vodami. Vypracuje konkrétní návrh řešení provedení extravilánových vod obcí s návrhem velikosti povodní odpovídajících danému návrhu. K řešení použije současný stav ochrany s minimálními úpravami.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Rudolf Milerski, CSc.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. První z nich se zabývá problematikou povrchového odtoku, jeho stanovení, důsledků a opatření pro zmírnění jeho negativních dopadů. Okrajově je v první části zpracována vodní eroze, která je doprovodným jevem povrchového odtoku. V druhé části práce posuzuje míru zasažení zájmového pozemku v obci Napajedla na Zlínsku extravilánovou vodou a navrhuje dvě možné varianty ochrany tohoto pozemku. Pro výpočet je využita Směrnice pro výpočet odtoku z VMP a pro posouzení kapacity vodohospodářských zařízení výpočetní program HEC-RAS 4.1.0.

KLÍČOVÁ SLOVA

povrchový odtok, opatření proti povrchovému odtoku, propustek, protipovodňová opatření, infiltrace, retence, vodní eroze

ABSTRACT

This thesis is divided into two parts. The first part of thesis deals with the problems of surface runoff, determination of surface runoff and measures to eliminate consequences of surface runoff. There is also mention of water erosion which is an accompanying phenomenon of surface runoff. The second section paper examines the threat to area in the Napajedla city of water. There are two possible solutions to the protection of the territory. For the valuation is used directive to calculate to the drain age of VMP and software HEC-RAS 4.1.0 for assessment the capacity of water equipment.

KEYWORDS

surface runoff, measures against surface runoff, culvert, flood protection measures, infiltration, retention, water erosion

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Erika Ferencová *Ochrana obce před extravilánovou vodou*. Brno, 2017. 44 s.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Rudolf Milerski, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2017

Erika Ferencová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Rudolfu Milerskimu CSc. za pomoc, ochotu a odborné vedení při tvorbě mé bakalářské práce a rovněž Ing. Radce Roubcové za poskytnutí informací potřebných k dokončení této práce.

OBSAH

1	ÚVOD	3
1.1	Ochrana obce před extravilánovou vodou	4
1.1.1	Povrchový odtok	4
1.1.2	Doba doběhu a doba koncentrace	4
1.1.3	Maximální hodnota povrchového odtoku	5
1.1.4	Metoda CN – křivky.....	5
1.1.4.1	Objem přímého odtoku.....	6
1.1.4.2	Srážky.....	7
1.1.5	Činitelé ovlivňující odtokové poměry	7
1.1.5.1	Klimatické podmínky	7
1.1.5.2	Geologické podmínky	7
1.1.5.3	Technické zásahy v povodí	8
1.1.6	Opatření snižující povrchový odtok.....	8
1.1.6.1	Opatření ke zvýšení vsaku.....	8
1.1.6.1.1	Ochranné zatravnění.....	8
1.1.6.1.2	Ochranné zalesnění	8
1.1.6.1.3	Zasakovací pás	8
1.1.6.2	Opatření ke zvýšení retence	9
1.1.6.2.1	Nádrž	9
1.1.6.2.2	Suchá nádrž (poldr)	10
1.1.6.2.3	Mokřad	10
1.1.6.3	Opatření k převedení vod	11
1.1.6.3.1	Záchytné kanály	11
1.1.6.3.2	Odlehčovací kanály	12
1.1.6.3.3	Čerpací stanice	12
1.2	Eroze.....	12
1.2.1	Vodní eroze.....	13
1.2.1.1	Určení ohroženosti pozemků vodní erozí.....	15
1.2.1.2	Přípustná ztráta půdy způsobená vodní erozí.....	15
1.2.1.3	Škody způsobené vodní erozí.....	16
2	OCHRANA OBCE NAPAJEDLA.....	17

2.1	Charakteristika obce.....	17
2.2	Charakteristika zájmového území.....	17
2.2.1	Geomorfologické poměry	19
2.2.2	Hydrologické a klimatické poměry.....	19
2.2.3	Pedologické poměry.....	20
2.3	Posouzení současného stavu	20
2.4	Návrh nových opatření	28
2.4.1	Varianta A: Převedení vody příkopy mimo zájmový pozemek.....	28
2.4.2	Varianta B: Převedení vody přes pozemek nově vybudovaným příkopem.....	33
2.5	Porovnání variant řešení	37
3	ZÁVĚR.....	38
4	POUŽITÁ LITERATURA	39
	SEZNAM TABULEK	41
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	42
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	44

ÚVOD

Ochranou obce je míněno opatření proti vniknutí povrchového odtoku z extravilánu, zejména z přilehlých polí, do intravilánu obce. Ve zvláště krajinně České republiky obce velmi často vznikaly přímo v drahách soustředěného odtoku. Přirozeně tak vytváří bariéru, do které odtékající srážková voda narazí a způsobí povodeň.

Teoretická část práce se bude zabývat zejména povrchovým odtokem, jeho stanovením, nepříznivými účinky, faktory ovlivňujícími povrchový odtok a v neposlední řadě opatřeními ke zmírnění jeho účinků. S povrchovým odtokem se pojí taky jev zvaný vodní eroze, které bude rovněž věnována jedna kapitola.

Praktická část této práce si klade za cíl navrhnout opatření, která poslouží k ochraně parcel určených k zástavbě průmyslovými objekty a sklady před nepříznivými účinky povrchového odtoku přitékajícího z výše položených dílčích povodí. Tyto parcely leží v katastrálním území města Napajedla na Zlínsku.

Na základě události z jara roku 2017, při které bylo zájmové území zaplaveno extravilánovou vodou je zřejmé, že současný stav odvodnění není dostatečný. Zastavěná plocha by měla být chráněna alespoň na desetiletou vodu. Je tedy nutné posoudit současný stav a navrhnout nové řešení, které povrchový odtok beze škod převede do recipientu.

Důvodem, proč zájmové území není dostatečně chráněno již vybudovaným systémem ochrany, je změna územního plánu. Toto území bylo před touto změnou extravilánem, který nebylo třeba chránit. Občasné zaplavení orné půdy nečinilo nikdy v minulosti závažný problém, avšak po přeměně orné půdy na parcely určené k zástavbě se velmi rychle ukázalo, že to problém je.

1.1 OCHRANA OBCE PŘED EXTRAVILÁNOVOU VODOU

Vlivem změny ve způsobu obhospodařování zemědělských pozemků v období intenzifikace venkova (zejména do roku 1989) došlo k přeměnám hydrologických charakteristik povodí. Ve většině případů se tyto změny projeví zvýšením půdní eroze, sníženou schopností infiltrace vody do půdy a zkrácením dob doběhu. Důsledkem těchto změn je často podstatné zvýšení kulminačních průtoků a celkových objemů odtoků. [8]

1.1.1 Povrchový odtok

K povrchovému odtoku, tedy odtékání vody po povrchu půdy, dochází, pokud úhrn a intenzita deště překročí infiltrační schopnost půdy a retenční kapacitu povrchu. Infiltrační schopnost půdy je ovlivňována nejvíce půdním typem a půdním druhem. Dále pak způsobem využívání půdy.

Příčinou vzniku jsou přívalové nebo dlouho trvající srážky, v našich podmínkách je významný i povrchový odtok z tajícího sněhu. Při něm je infiltrační schopnost půdy snížena z důvodu nasycení půdního profilu vodou a promrznutím svrchní vrstvy půdy. [10]

Kombinací faktorů, kterými jsou překročení akumulační schopnosti půdy a dostatečná svažitost pozemků, vzniká povrchový odtok. Voda odtéká nejprve plošně, po určité době se však začne soustřeďovat především v přirozených terénních rýžkách, sníženinách a poté v údolnicích. Povrchový odtok se transformuje na odtok soustředěný. [1]

S rostoucím sklonem a délkou svahu dosahuje odtékající voda vyšších rychlostí odtoku, a tudíž větší erozní a vymílací schopnosti. [10]

Nepříznivé důsledky povrchového odtoku a s ním spojené projevy vodní eroze se projevují nejen ohrožením půdy, ale i ohrožením vody v povodí, která je znečišťována uvolněnými a transportovanými látkami. [11]

1.1.2 Doba doběhu a doba koncentrace

Doba doběhu (T_t) je čas, za který se voda přemístí z jednoho místa povodí na jiné místo povodí. Doba koncentrace (T_c) je čas potřebný pro přesun vody z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu v povodí až do uzávěrového profilu povodí. Doba doběhu je podmnožinou doby koncentrace.

Z horních částí povodí stéká voda plošným povrchovým odtokem, přechází v soustředěný odtok o malé hloubce a končí soustředěným odtokem v otevřeném korytě. [1]

Doba koncentrace se tedy rovná součtu všech dob doběhu:

$$T_c = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc} \text{ [h]}$$

Kde:

T_{ta} – doba plošného povrchového odtoku [h]

T_{tb} – doba soustředěného povrchového odtoku o malé hloubce [h]

T_{tc} – doba soustředěného povrchového odtoku v otevřeném korytě [h]

Doba koncentrace ovlivňuje tvar a kulminaci hydrografu odtoku. Zintenzivnění zemědělského využití pozemků má za následek zkrácení doby koncentrace, čímž se zvyšuje vrcholový průtok. [1]

1.1.3 Maximální hodnota povrchového odtoku

Při návrhu ochranných opatření vycházíme z maximálního povrchového odtoku, který je dán tzv. intenzitním vzorcem.

$$Q_{max} = S_P i_s \varphi$$

Kde:

S_P – plocha povodí

i_s – intenzita návrhového deště

φ – součinitel odtoku

Odtokový součinitel se v praxi nejčastěji určuje metodou CN křivek. [1]

1.1.4 Metoda CN – křivek

Návrh ochranných opatření, zejména těch technického charakteru, by měl vycházet z dlouhodobě sledovaných průtoků v uzávěrových profilech toků. Především v malých povodích jsou však tyto informace málokdy dostupné. Proto je nutné stanovit návrhové parametry nepřímými metodami. Jednou z nich je metoda čísel odtokových křivek – CN, která

představuje dostatečně přesný a zároveň jednoduchý způsob určení objemu přímého a kulminačního odtoku.

Metoda byla publikována roku 1972 v USA Službou na ochranu půdy a jejím výstupem je odtok způsobený návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodí o ploše max. 10 km². [3]

1.1.4.1 Objem přímého odtoku

Odtok je určen množstvím srážek, velikostí infiltrace do půdy, vlhkostí půdy, vegetací, nepropustnými plochami a retencí vody na povrchu půdy. Základním vstupem metody CN – křivek je srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. [3]

Metoda CN – křivek vychází z předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen. Odtok zpravidla začíná až po určité akumulaci spadlých srážek, tedy po jisté počáteční ztrátě, která je součtem infiltrace, povrchové akumulace a intercepce. Tato ztráta byla odhadnuta na základě experimentálních měření na 20 % potenciální retence ($I_a=0,2 A$). Z uvedených souvislostí byl odvozen základní vztah:

$$H_0 = \frac{(H_s - 0,2A)^2}{(H_s - 0,2A)} \quad \text{pro} \quad H_s \geq 0,2A$$

kde:

H_0 – přímý odtok (mm),

H_s – úhrn přívalové (návrhové) srážky (mm),

A – potenciální retence (mm), vyjádřená pomocí čísel křivek jako

$$A = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Objem přímého odtoku je dán vztahem:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_0 \text{ (m}^3\text{)}$$

kde:

P_p – plocha povodí (km²)

H_0 – přímý odtok (mm) [1]

1.1.4.2 Srážky

Srážky se vyskytují ve dvou skupenstvích. Skupenství kapalné a pevné, které je reprezentováno sněhem, kroupami a námrazou. Kapalné srážky můžeme dále rozdělit na horizontální (rosa, mlha) a vertikální (déšť). Na tvorbě povrchového odtoku se podílí vertikální srážky a tající sníh.

Pro účely výpočtu dělíme srážky na regionální a přivalové. Přivalové srážky jsou charakterizovány krátkou dobou trvání a vysokou intenzitou. Intenzita deště se v závislosti na čase mění, ze začátku je malá, poté rychle vystoupá na maximum a následně znovu klesá. Naproti tomu regionální srážky se vyznačují dlouhou dobou trvání, nízkou intenzitou a velkou zasaženou plochou. [1]

1.1.5 Činitelé ovlivňující odtokové poměry

1.1.5.1 Klimatické podmínky

Klimatickými podmínkami se rozumí zejména nadmořská výška, zeměpisná poloha, teplota ovzduší a ovzdušné srážky, výpar, vlhkost a tlak vzduchu, směr a síla větru.

Pozemky ve vyšších nadmořských výškách jsou vystaveny větším teplotním výkyvům a většímu množství srážek. S nadmořskou výškou je spojena i větrná expozice s typickými svahy srážkových stínů nebo naopak častých srážek.

Teplotu vzduchu, tlak vzduchu a výpar můžeme hodnotit jako jeden společný vliv. Stav mezi půdní vodou a vzduchem není vždy ve stejném poměru, ale mění se s tlakem a teplotou. To je úzce spojeno i se schopností vsaku do půdy. Důkazem toho je například fakt, že při bouřkách je povrchový odtok podstatně větší než za normálních podmínek. To je způsobeno poklesem atmosférického tlaku při bouřce. Půdní vzduch se vlivem poklesu atmosférického tlaku snaží uniknout z půdy ven a zabraňuje tak vsakování povrchového odtoku. [1]

1.1.5.2 Geologické podmínky

Povrchový odtok je ovlivňován složením a typem půdní vrstvy. Půdní poměry jsou souhrnem jednotlivých vlastností půd a projevují se působením na velikost a časový průběh infiltrace srážek do půdy.

Z hlediska odtokových poměrů jsou nejlepší ty půdy, které mají největší infiltrační kapacitu, a naopak nejméně vhodné jsou půdy nepropustné, například jílovité. [1]

1.1.5.3 Technické zásahy v povodí

Povrchový odtok lze ovlivňovat výsadbou různých druhů plodin v krajině (agrotechnická opatření) či budováním retenčních prostor. [1]

1.1.6 Opatření snižující povrchový odtok

1.1.6.1 Opatření ke zvýšení vsaku

Opatření na podporu infiltrace vody v ploše povodí mají za cíl zvýšit schopnost krajiny zadržet vodu a zpomalit povrchový odtok. Mezi tato opatření patří ochranné zatravnění a zalesnění, meze, průlehy a příkopy, zasakovací pásy či stabilizace drah soustředěného odtoku. Tato opatření plní současně i funkci protierozní. [13]

1.1.6.1.1 Ochranné zatravnění

Pozemky, které nelze využívat jako ornou půdu, je možné zatravnit trvalým travním porostem. Optimálně zapojený travní porost s dobře rozvinutým drnem má příznivý vliv na průběh a velikost povrchového odtoku. Při měření hodnot povrchového odtoku z pozemků s vegetací a bez vegetace oteklo z měřené plochy zatravněné o 96 % srážkové vody méně. [1]

1.1.6.1.2 Ochranné zalesnění

Ochranné zalesnění může být aplikováno formou ochranného lesního pásu anebo plošným zalesněním. Optimální ochranu poskytuje les smíšený. Povrchový odtok z hustého, dobře zapojeného lesa s bohatým bylinným patrem a vrstvou hrabanky zpravidla nepřesahuje 10 % srážkového úhrnu. [3][1]

1.1.6.1.3 Zasakovací pás

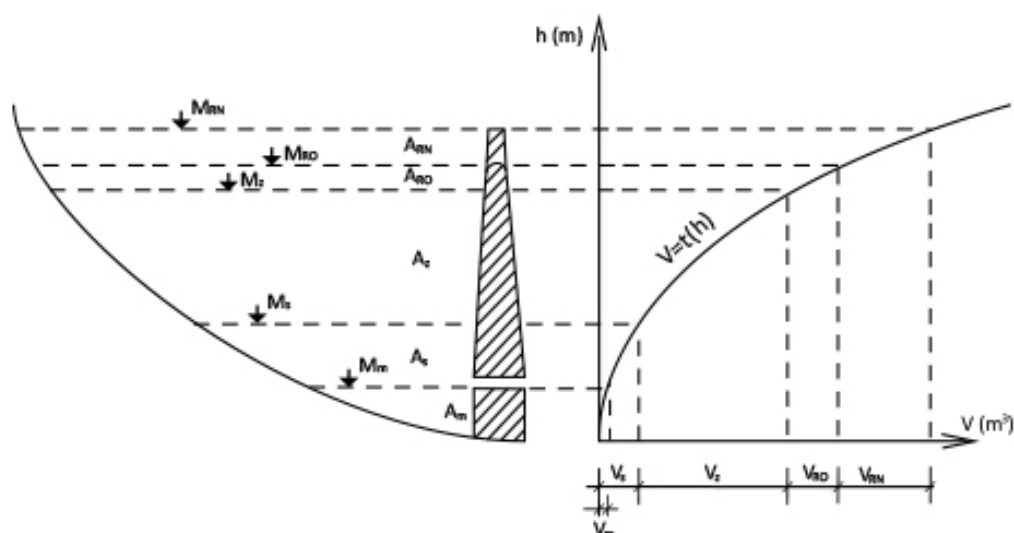
Liniovým prvkem protipovodňové a protierozní ochrany je zasakovací pás, který se navrhuje ve směru vrstevnic. Může být travní, křovinný nebo s lesním porostem. Účinnost tohoto opatření spočívá ve zpomalení povrchového odtoku a jeho převedení na odtok podpovrchový. [1]

Vsakování povrchového odtoku je možné podpořit i vybudováním vsakovacích zařízení. Jsou jimi především infiltrační nádrže, tunelové systémy, vsakovací bloky a vsakovací šachty.

1.1.6.2 Opatření ke zvýšení retence

1.1.6.2.1 Nádrž

Velmi účinnou ochranou před vnějšími vodami je zachycení povodňových vln v ochranných nádržích. Postupným vypouštěním vody dochází k transformaci povodňového odtoku na odtok neškodný. Jako ochranné nádrže mohou působit i nádrže akumulární, pokud je část akumulárního prostoru vyprázdněna před příchodem povodňové vlny. Musí se tak stát v souladu s vodohospodářským plánem nádrže na základě předpovědi prognózní služby. [1]



Obrázek 1.1.1 Schéma rozdělení prostorů v nádrži [14]

Kde:

M_r – Hladina mrtvého prostoru. Nachází se pod úrovní spodních výpustí. Snahou při návrhu je minimalizovat objem mrtvého prostoru. Jeho objem se započítává do objemu stálého nadržení.

M_s – Hladina prostoru stálého nadržení. Voda v tomto prostoru se za běžného provozu nepoužívá, výjimečně může sloužit jako poruchová rezerva.

M_Z – Hladina zásobního prostoru. Tento prostor slouží k řízení odtoku vody z nádrže, tedy k nalepšování celkového odtoku. Velikost je stanovena vodohospodářským řešením nádrže.

Retenční prostor je rozdělen na retenční prostor ovladatelný a neovladatelný. Slouží k zachycení a k transformaci povodňových vln. Jeho velikost a účinek je určen vodohospodářským řešením nádrže.

M_{RO} – Hladina retenčního prostoru ovladatelného je nad maximální hladinou zásobního prostoru. Její snižování je řízeno spodními výpustmi.

M_{RN} – Hladina retenčního prostoru neovladatelného se nachází nad M_{RO} a rovná se úrovni maximální úrovně vody v nádrži. [14]

1.1.6.2.2 Suchá nádrž (poldr)

Norma TNV 75 415 definuje suchou nádrž jako vodní nádrž určenou k ochraně před účinky povodní, ve které je celkový objem nádrže téměř shodný se součtem ovladatelného a neovladatelného ochranného prostoru. Suchá nádrž plní retenční funkci a snižuje povodňový průtok ve spodním vodním toku. V poměru k celkovému objemu může mít zanedbatelné stálé nadržení, které zároveň plní krajinnotvornou či ekologickou funkci.

Suché nádrže se tedy budují za účelem zadržování (retenci) vody při povodňových průtocích. Prostor zátopy se obvykle zemědělsky nebo lesnický využívá. Přesto je doporučeno stálého nadržení s nevýznamným objemem, a to z důvodu udržení trvalého vodního režimu v základové spáře hráze a jejích objektů. [12]

1.1.6.2.3 Mokřad

Krajinný prvek mokřad, jak ho definuje nařízení vlády č. 307/2014 Sb., má z hlediska ochrany dvě funkce. Zadržuje přitékající vody do doby naplnění své kapacity a po nasycení povrchový odtok zpomaluje. Zároveň slouží jako protierozní opatření.

Je nutno říci, že mokřad není prvkem, který by podporoval vsakování. Jeho účinnost při ochraně proti povrchovému odtoku závisí na velikosti jeho retenční schopnosti. [15]

Podle typu, charakteru, základního uspořádání a vývoje dělíme mokřady na:

Typ A – přírodní, plně funkční mokřad

Typ B – přírodní narušený mokřad

Typ C – obnovený mokřad v místě původního

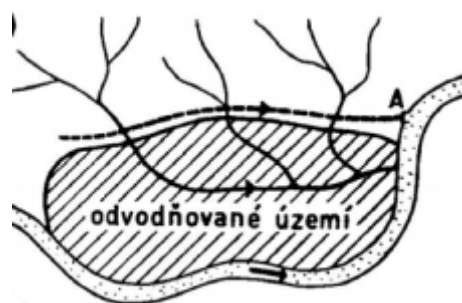
Typ D – umělý, zcela nově vybudovaný mokřad [21]

Další opatření ke zvýšení retence vody v krajině jsou zejména revitalizační opatření. Jde o obnovu pramenišť, tvorbu potočních pásů, podporu plošného rozlivu nízkými příčnými objekty a obnovu tůní. [13]

1.1.6.3 Opatření k převedení vod

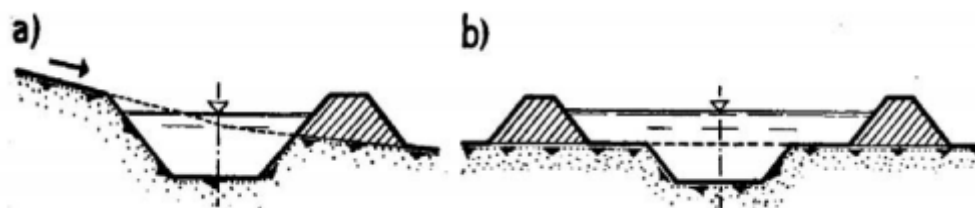
1.1.6.3.1 Záchytné kanály

Pro zachycení vod přitékajících z výše položeného území je možné vybudovat záchytné kanály. Přestože jsou určeny primárně k zachytávání povrchového odtoku, při dostatečném zahloubení mohou odvádět i vodu podzemní.



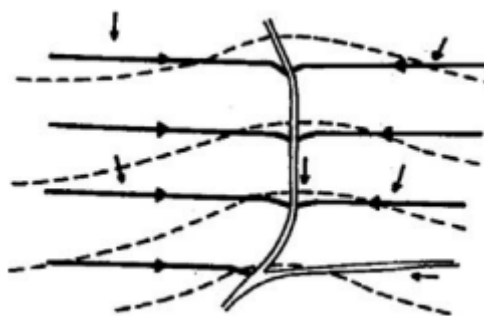
Obrázek 1.1.2 Schéma záchytného kanálu [1]

V příčném profilu jde většinou o jednoduchý nebo složený lichoběžník. Při velkých návrhových průtocích bývá ohrázkován. Výškový a směrový návrh je zásadní pro jeho správnou funkčnost. Obvykle se navrhuje pouze vegetační opevnění, nejčastěji zatravnění.



Obrázek 1.1.3 Příčné řezy záchytným kanálem [1]

Záchytným kanálem je voda gravitačně odváděna do recipientu. Povrchový odtok přitékající na chráněné území ze svahu je výhodné odvádět soustavou záchytných kanálů. Tato soustava je zároveň vhodným protierozním opatřením a má příznivý vliv na vodní režim svahu. [1]



Obrázek 1.1.4 Soustava záchytných příkopů [1]

1.1.6.3.2 Odlehčovací kanály

Přívalové srážky soustředěné do povrchových toků, kterým by hrozilo vylití, mohou být převedeny odlehčovacími kanály za odvodňované území. Nad tímto územím obvykle odlehčovací kanál odbočuje z vodního toku a nejkratší možnou cestou vede do recipientu. Sklon kanálu by neměl být větší, než je nutné. Vybudováním pevného nebo pohyblivého jezu v místě napojení kanálu na vodní tok se zajistí, že vodním tokem bude procházet pouze neškodný průtok. Pokud je přítok do kanálu regulován výpustným objektem, je dosaženo technicky dokonalého řešení. [1] [21]

1.1.6.3.3 Čerpací stanice

V případě, že nelze zajistit gravitační odvedení vody z odvodňovaného území, je možné navrhnout odvodňovací čerpací stanici. Voda je přečerpávána přímo do recipientu anebo do uklidňovací nádrže. Na základě volby čerpadla se dělí na stanice se šnekovými, vrtulovými, odstředivými a jinými čerpadly. Odvodňovací čerpací stanice jsou nízkotlaké a čerpadla bývají zpravidla poháněny elektromotory. Čerpací stanice jsou značně ekonomicky náročné na provoz. [1]

1.2 EROZE

Vlivem intenzivního využívání půdy pro zemědělství a z toho plynoucího velkoplošného odlesňování, dochází k postupnému rozrušování přirozeného krytu půdy. Povrch půdy je vystaven působení erozivních sil, spočívajících v destrukčním účinku vody a větru.

Eroze vede k odnosu a ztrátě nejurodnější vrstvy půdy, jejíž nahrazení a obnova do původního stavu trvá někdy až stovky let. Problém eroze půd je celosvětový, má za následek každoroční úbytek tisíců km² zemědělské půdy. Na celém světě každoročně zmizí v důsledku

působení eroze asi 24 miliard tun orné půdy. Úbytek produkce, vzniklý touto degradací půdy, odpovídá devíti milionům tun potenciální sklizně obilí. [2]

Smyvem zemědělské půdy povrchovým odtokem však nevzniká škoda pouze zemědělcům, ale vniknutím do intravilánu měst a obcí vznikají mnohamilionové škody na majetcích obyvatel postižených lokalit.

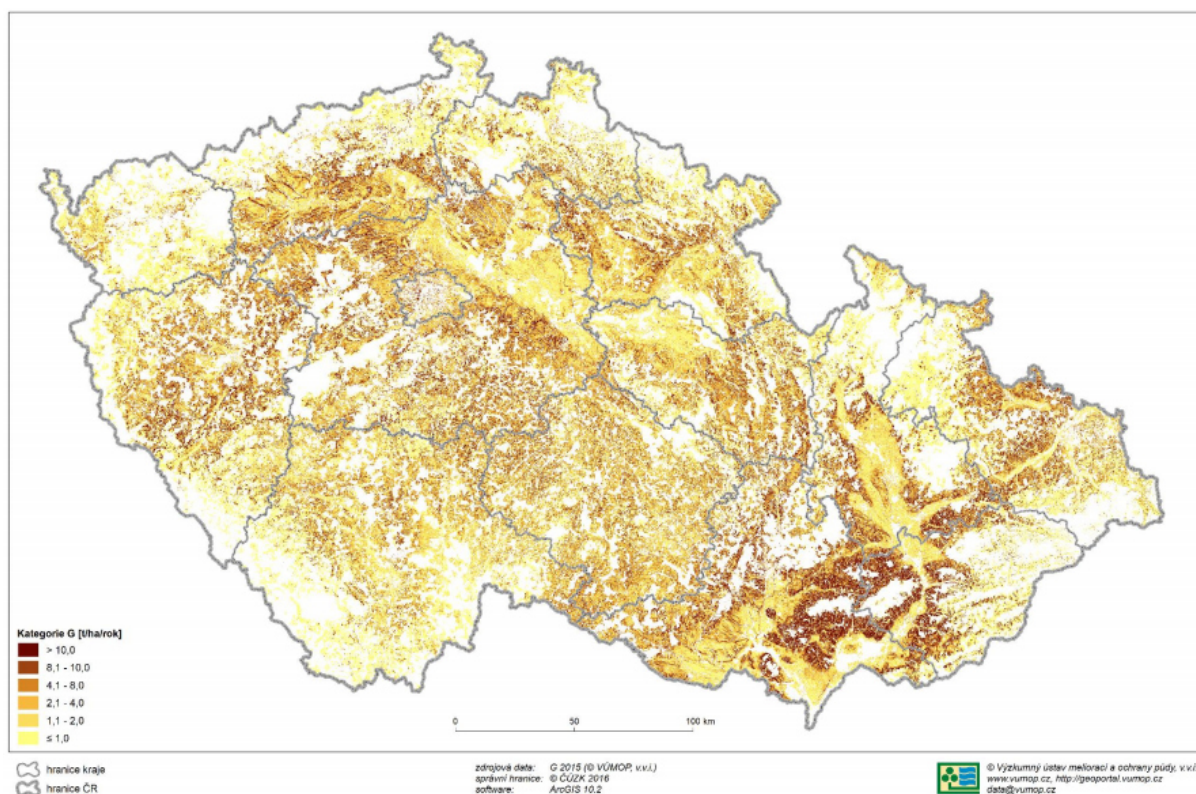
Asi 50 % orné půdy na území České republiky je ohroženo vodní erozí. V případě větrné eroze jde o zhruba 10 % orné půdy. Po roce 1989 se očekávalo, že transformace zemědělských družstev na menší celky výrazně přispěje k šetrnějšímu hospodaření a k celkovému zlepšení přístupu k ochraně půd. Tato očekávání se prozatím nepodařilo naplnit a převážná plocha erozí ohrožených půd není systematicky chráněna. [3]

Dalším negativním efektem vodní eroze je nárůst koncentrace CO_2 ve vodních tocích. Děje se tak proto, že porušením nebo rozbitím půdních agregátů dochází k uvolnění uhlíku, který byl ukryt a chráněn uvnitř agregátů a odolával mineralizaci, klimatickým vlivům i mikrobiálnímu rozkladu. [11]

1.2.1 Vodní eroze

Vodní erozí se rozumí rozrušování a smyv půdy vlivem účinků deště a následného povrchového odtoku.

Degradace půdy vlivem vodní eroze se během posledních třiceti let výrazně zrychlila. Nejvýraznější příčinou urychlení eroze na zemědělské půdě je nevhodný způsob hospodaření, tj. intenzivní zemědělská činnost bez ohledu na zásady ochrany půdy a půdní úrodnosti, nevhodné scelování pozemků, rušení krajinných prvků, pěstování monokultur, nesprávná agronomická praxe, absence hluboko kořenících kultur (zejména píce) v osevních postupech a absence zatravněných pásů či teras, obhospodařování půdy bez ohledu na svažitost polí, a kombinace pěstování erozně nebezpečných plodin na nevhodných – svažitých - pozemcích (např. kukuřice, cukrová řepa, slunečnice, brambory). [2]



Obrázek 1.2.1 Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí [4]

Z mapy výše je patrné, že nejvíce ohroženou lokalitou vodní erozí je jižní a střední Morava. Dalším významněji ohroženým územím jsou střední Čechy, zejména lokality rozprostírající se kolem řek Labe a Berounky.

Rozeznáváme tři základní typy vodní eroze.

Tabulka 1.2.1 Typy vodní eroze [6]

Vodní eroze	
plošná	selektivní vrstevnatá
výmolová	rýžková brázdová
proudová	dnová břehová

1.2.1.1 Určení ohroženosti pozemků vodní erozí

Vodní eroze je kvantifikována pomocí dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G). Ten je počítán podle univerzální rovnice USLE. Průměrný smyv půdy G je vyjádřen v tunách na hektar za rok.

Rovnice USLE má tvar:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [t/ha \cdot rok]$$

Kde:

G – průměrná roční ztráta půdy [t/ha·rok]

R – faktor erozní účinnosti dešťů [-]

K – faktor erodovatelnosti půdy [-]

L – faktor délky svahu [-]

S – faktor sklonu svahu [-]

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu [-]

P – faktor účinnosti protierozních opatření [-] [1]

Tato metoda je používána od roku 1978. Jejími autory jsou Američané Wischemier a Smith. Jedná se o empirický model erozního procesu, který byl odvozený na mnoha experimentálních plochách USA. [8]

Vypočtená hodnota G představuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy, která je uvolněna vodní erozí. Nezahrnuje však ukládání na níže položených pozemcích a nelze ji aplikovat pro období kratší než 1 rok. [3]

1.2.1.2 Přípustná ztráta půdy způsobená vodní erozí

Přípustná ztráta půdy je definována jako maximální hodnota ztráty půdy dovolující trvale a ekonomicky dostupně udržovat úrodnost půdy. Výpočet dlouhodobého průměrného smyvu půdy podle metody USLE se porovná se stanovenými hodnotami přípustné ztráty. Pokud dojde k překročení přípustné ztráty, je patrné, že způsob využívání pozemku nezabezpečuje dostatečnou protierozní ochranu. Na základě tohoto posouzení je nutné uplatnit protierozní opatření, jejichž účinnost je vyjádřena změnou příslušných faktorů rovnice ztráty půdy USLE. Opětovným výpočtem se posoudí, zda navržené ochranné opatření je dostatečné a průměrná dlouhodobá ztráta půdy vodní erozí je nižší než hodnota přípustné ztráty půdy. [4]

Tabulka 1.2.2 Hodnoty přípustné ztráty v závislosti na hloubce půdy [4]

	hloubka	přípustná hodnota smyvu
mělká půda	0 - 30 cm	1 t/ha · rok
středně hluboká půda	30 - 60 cm	4 t/ha · rok
hluboká půda	60 a více	10 t/ha · rok

1.2.1.3 Škody způsobené vodní erozí

Vodní eroze způsobuje škody, které můžeme rozdělit na dvě skupiny

Škody interní

Odnos půdy

Vznik rýh a strží

Snížení výnosu z půdy

Škody externí

Poškození pozemků vlivem nánosů

Znečištění vod

Ekologické dopady na organismy [3]

Z hlediska ochrany intravilánu před extravilánovou vodou je nejvíce nepříznivým účinkem vodní eroze znečištění povrchového odtoku sedimenty. Voda obsahující splach z polí napáchá v intravilánu větší škody než voda čistá. [1]

2 OCHRANA OBCE NPAJEDLA

2.1 CHARAKTERISTIKA OBCE

Město Napajedla leží na rozmezí Dolnomoravského a Hornomoravského úvalu. Na rozloze 19,8 km² žije (k 1.1. 2016) 7211 obyvatel. Místní přírodní podmínky jsou poněkud neobvyklé, řeka Morava je sevřena do krátkého a úzkého průlomového údolí, kterým jsou vzájemně oba úvaly propojeny. Údolí s příznivými životními podmínkami, nacházející se na obchodní stezce v blízkosti brodu přes řeku Moravu, vytvářelo v minulosti dobré podmínky pro trvalé osídlení. [16]

2.2 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

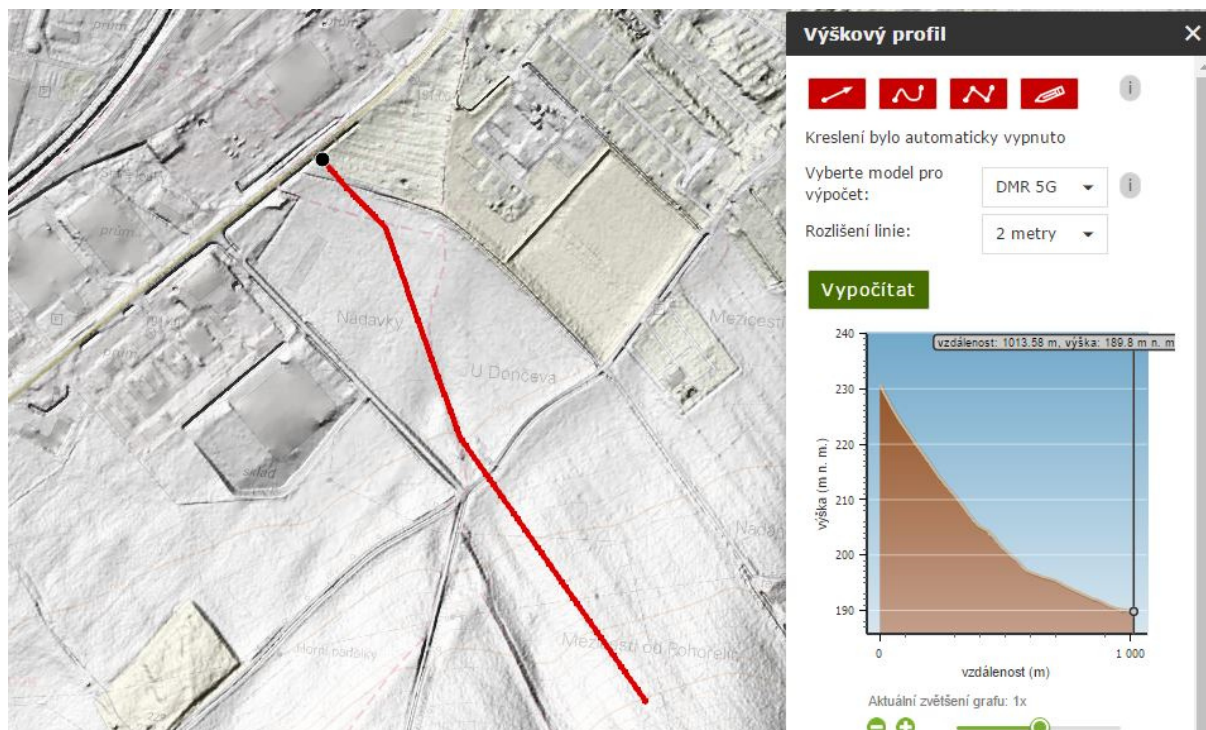
Zájmovým územím je pozemek, na kterém stojí areál firmy SYGNUM IMMO, s.r.o. v k.ú. Napajedla. Areál se nachází na ulici Kvítkovická a prozatím nemá číslo popisné. Pozemky byly původně zemědělskou půdou, tedy extravilánem obce. Územním plánem obce Napajedla však byly převedeny na pozemky určené k zástavbě, konkrétně na plochu pro průmyslovou výrobu a sklady.

Stavba se nenachází v aktivní zóně záplavových území řeky Moravy a areál je tedy ohrožován pouze extravilánovými vodami. Dotčené pozemky se nacházejí na původním honu (jednotně obdělávaná plocha) zemědělské půdy o rozloze asi 13 ha. Pozemek má přibližně obdélníkový tvar. Tento hon je ze tří stran ohraničen komunikacemi s příkopy a ze severovýchodní strany je ohraničen pouze příkopem. Příkopy odvádějí povrchový odtok ze svých dílčích povodí do recipientu.

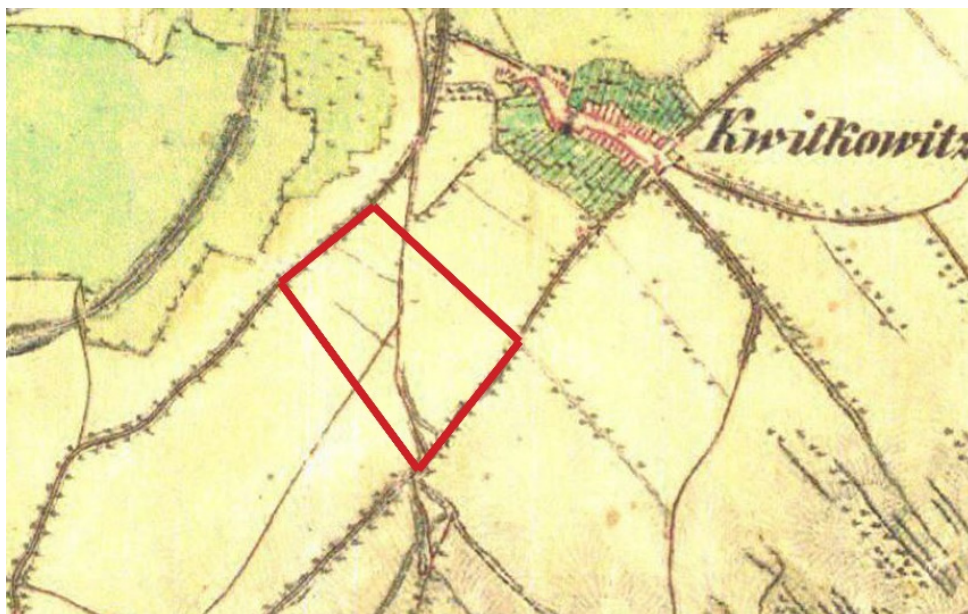
Povrchový odtok z dílčího povodí o výměře asi 47,5 ha, které se nachází jihovýchodně od areálu, je přiváděn propustkem přímo na zájmovou lokalitu. Napříč pozemkem prochází přirozená údolnice, která je patrná i z původní držby pozemků. Jednotné hospodaření na honu, které neumožňovalo existenci příkopu úhlopříčným směrem honu, však zastínilo přirozený ráz pozemku. Zatápění zemědělské půdy v minulosti nečinilo problém, protože dostatečný sklon území zajišťoval poměrně rychlý odtok povrchové vody. Existenci přirozené údolnice dokládá i mapa z poloviny 19. století, na které je údolnicí vedená cesta.



Obrázek 2.2.1 Parcely zájmového území [17]



Obrázek 2.2.2 Sklonové poměry [17]



Obrázek 2.2.3 Historická mapa z poloviny 19. století [18]

Nutnost řešení ochrany pozemku a areálu firmy vyplynula z události, ke které došlo 21.2.2017, kdy povrchová voda z výše položených dílčích povodí zaplavila, v té době rozestavěný, areál i již dokončené stavby, zejména otevřenou vsakovací nádrž.

2.2.1 Geomorfologické poměry

Dle mapy regionálního členění ČR náleží území do oblasti Slovensko-moravských Karpat, geomorfologického celku Vizovická vrchovina, podcelku Zlínská vrchovina a okrsku Napajedelská pahorkatina.

Povrch terénu je zde plochý a rovinný, plynule přechází směrem k západu do oblasti údolní nivy toku Moravy a k severu do společné údolní nivy Moravy a Dřevnice. [19]

2.2.2 Hydrologické a klimatické poměry

Zájmové území náleží do povodí řeky Moravy a řeka Morava je rovněž nejbližším vodním tokem. Územím žádný stálý vodní tok neprochází, ale podél všech tří cest obklopujících pozemek prochází příkopy, které se za deště mění na dočasné vodoteče.

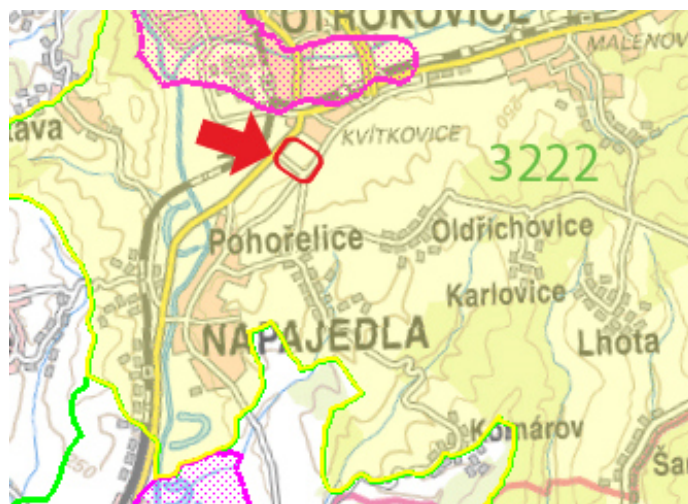
Z hlediska klimatu je území součástí klimatického regionu MT 2. Pro něj je typické suché, teplé a dlouhé léto, krátké přechodné období s mírně teplým jarem a podzimem a krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá zima s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. [19]

2.2.3 Pedologické poměry

V hornomoravském úvalu, na jehož okraji se nalézá naše zájmové území, jsou v nadloží skalního podkladu uloženy převážně jílovité neogenní sedimenty. Nad těmito jílovitými sedimenty se nachází mocná vrstva nesoudržných sedimentů, která je tvořena v různém stupni zajiňovanými písčitémi štěrky.

Na povrchu terénu se v celém zájmovém území vyskytuje ornice v mocnosti od 0,3 do 0,4 m. [19]

Z hydrogeologického hlediska je zájmové území součástí rajónu 3222 - Flyšové sedimenty v povodí Moravy – severní část.

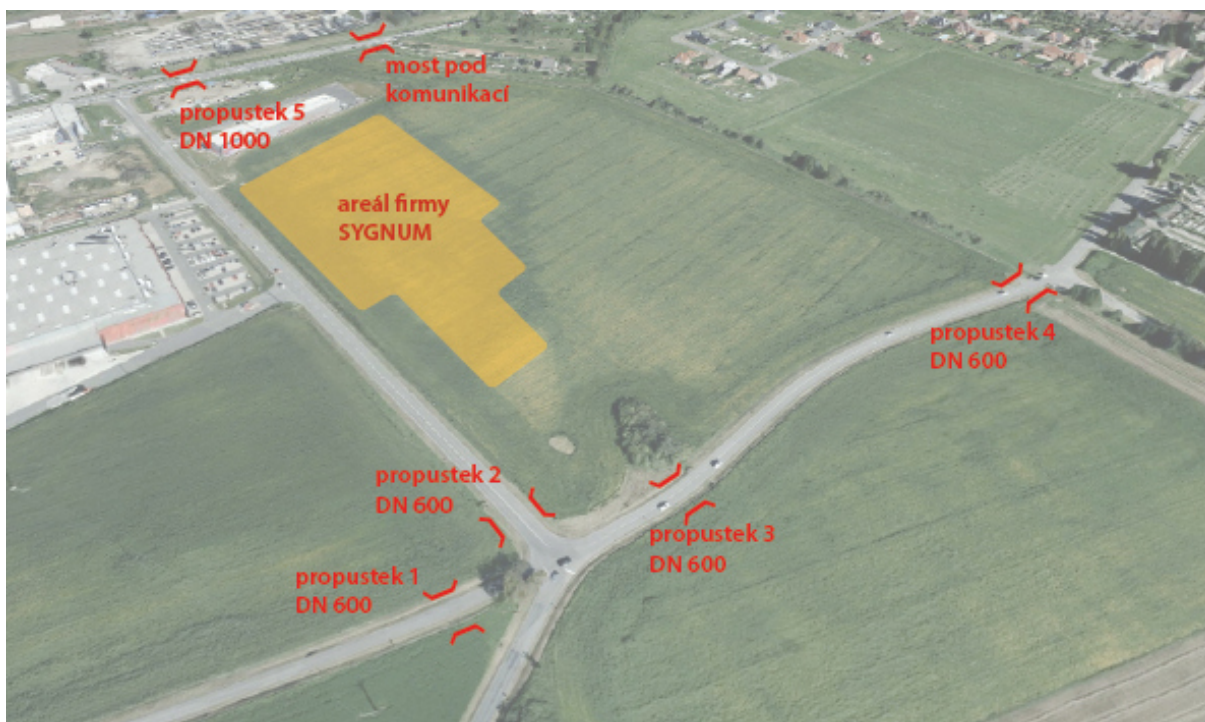


Obrázek 2.2.4 Mapa hydrogeologických rajónů [20]

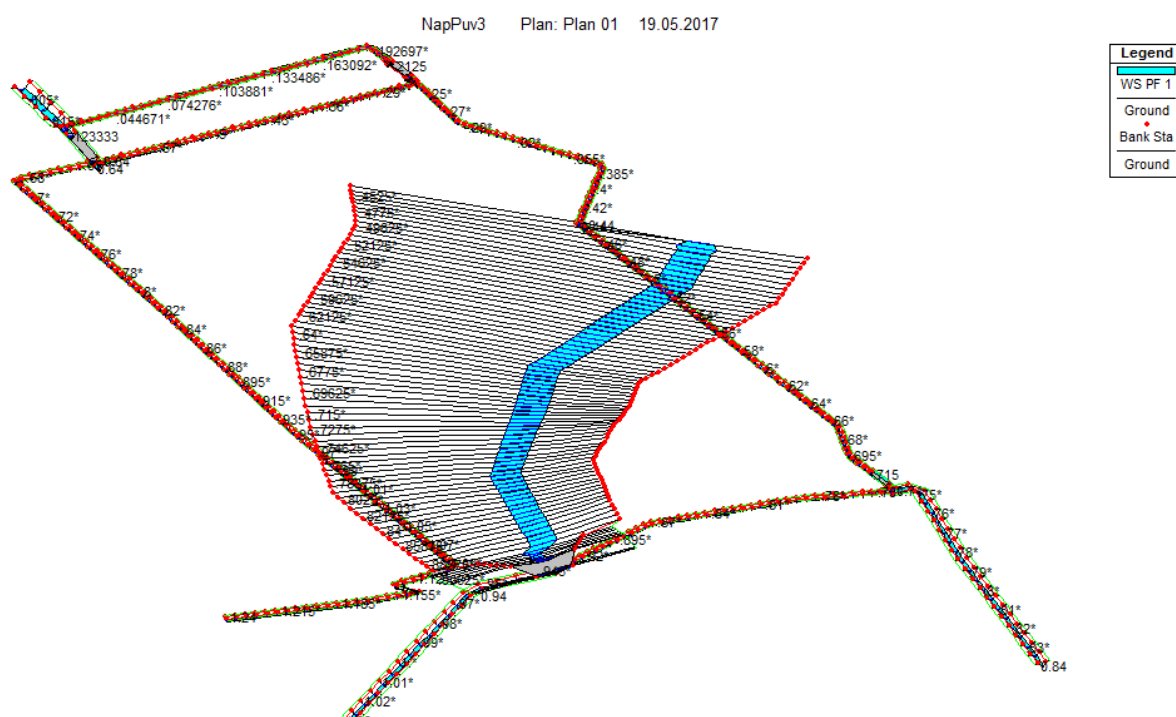
2.3 POSOUZENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Na základě osobní pochůzky v terénu a informací dodaných firmou Sygnum Immo byl ve výpočetním programu HEC-RAS vytvořen model odpovídající současnému stavu území. (obrázek 2.3.2)

Model je složen z celkem jedenácti úseků, pěti propustků a jednoho mostu, který vede pod komunikací E55 severně od zájmového území. Z důvodu chybějícího geodetického zaměření byly skutečné výšky odečítány z Geoportálu ČÚZK.



Obrázek 2.3.1 Současné rozmístění a velikost propustků (foto [18])



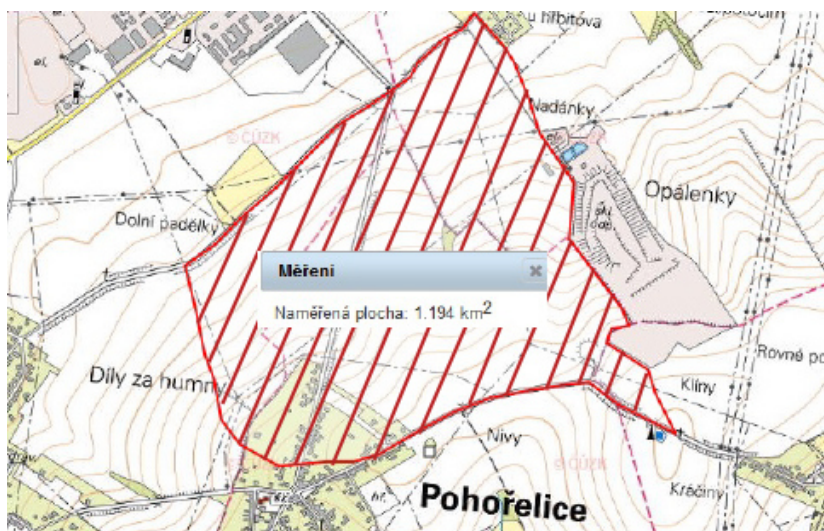
Obrázek 2.3.2 Ukázka z programu HEC-RAS: Model řešeného území

Pro výpočet odtoku ze dílčích povodí byla využita Směrnice odtoku z velmi malých povodí. Jako vstupní hodnota byla použita desetiletá srážka z tabulky hodnot maximálních 1-denních srážkových úhrnů podle Hrádka (tab.2.3.1).

Tabulka 2.3.1 Hodnoty maximálních 1-denních srážkových úhrnů podle Hrádka

stanice	Hodnoty maximálních 1-denních srážkových úhrnů								
	pravděpodobnost opakování za N let								
	2	5	10	20	30	50	80	90	100
Napajedla	34.8	47.9	56.4	65.2	70.1	76	81.7	83.2	84.5

Velikost celé zdrojové plochy byla stanovena na 1,194 km² a celkový sklon 0,068.



Obrázek 2.3.3 Zdrojová plocha odtoku

Z údajů katastru nemovitostí bylo určeno převládající BPEJ.

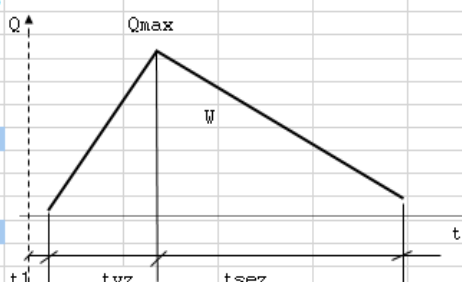
3.24.11 řadí půdu do hydrologické půdní skupiny B, která značí půdy se střední rychlostí infiltrace (0,06 - 0,12 mm/min) i při úplném nasycení. Zahrnuje půdy převážně středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné a hlinitopísčité až jílovitohlinité. [9]

Podle hydrologické půdní skupiny a převládajícího využití orné půdy bylo do výpočtu použito číslo odtokových křivek CN 75. Uvažovány byly úzkořádkové plodiny s přihlédnutím k tomu, že na malé části zdrojové plochy je zástavba.

Délku svahu byla uvažována 1078 m, Manningův součinitel drsnosti 0,06 a doba deště 143 min.

Bakalářská práce

Výpočet odtoku podle Směrnice pro VMP

LEGENDA															
	přenos z listu vstupní srážka														
	zadané hodnoty														
	výsledek														
	hodnota objemu srážky pro dimenze objemu retenčních nádrží (odtok z 24 hodinové srážky)														
	ODCHYLKA, KTEROU JE TŘEBA MINIMALIZOVAT ZMĚNOU t_d (B15) - návrhová doba trvání srážky														
výpočet maximálního odtoku $t_d=t_k$								20	56.4						
$H_{24,N}$ =	56.4 mm	0.499		1.236	143			N	$H_{24,n}$						
plocha	1.194 km ²			charakteristiky svahu											
H_s	40.62 mm			n	0.06	Manningův souč. drsnosti									
H_o	5.18 mm			I	0.068	sklon svahu									
CN	75			L	1078 m	délka svahu									
a	3.4			a	4.35										
b	7.5			b	1.67										
t_d	143			A=L/a	248.04										
Pot.Ret	84.67 mm			t_o	83.0749 min										
t_p	83.39 min			ODCHYLKA	0.3144										
H_{svyp}	40.62			t_k =	83.389 min	doba koncentrace									
r	1	ALFA	0.36												
iso	0.062 mm/mir	intenzita odtoku													
Q_{max} =	1.236 m ³ /s	kulminační průtok													
W=	6183 m ³	objem odtoku z návrhové srážky													
W_u =	14982 m ³	objem odtoku z návr. úhrnu B8													
t_l =	59.61 min	doba bezodtokové fáze													
t_{vz} =	83.39 min	doba vzestupné větve hydrogramu													
t_{sez} =	166.78 min	délka sestupné větve hydrogramu													
$t_{sezú}$ =	404.11 min	délka ses. větve hydr pro úhrn B8													
trvání deště je delší než doba koncentrace $t_d > t_k$															

Obrázek 2.3.4 Ukázka výpočtu podle Směrnice pro velmi malá povodí

Odtok z celé zdrojové plochy byl rozdělen do třech dílčích povodí v závislosti na jejich velikosti (tab. 2.3.2). Pro lepší orientaci a větší přehlednost bylo vytvořeno schéma pohybu vody po zájmové oblasti (obr.2.3.5).

Tabulka 2.3.2 Rozdělení odtoku z dílčích povodí

	plocha km ²	odtok m ³ /s
celková plocha	1.194	
celkový odtok		1.236
dílčí povodí 1	0.333	0.345
dílčí povodí 2	0.471	0.488
dílčí povodí 3	0.389	0.403



Obrázek 2.3.5 Přítok vody z dílčích povodí a směr pohybu vody v zájmové oblasti (foto [18])

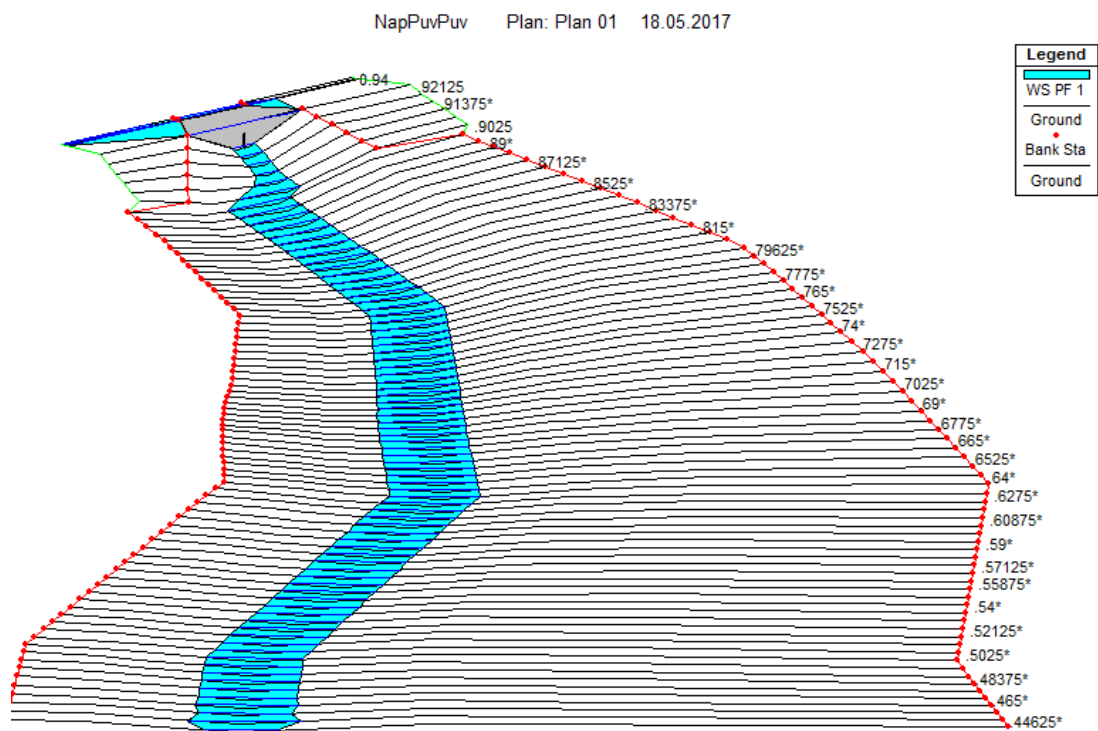
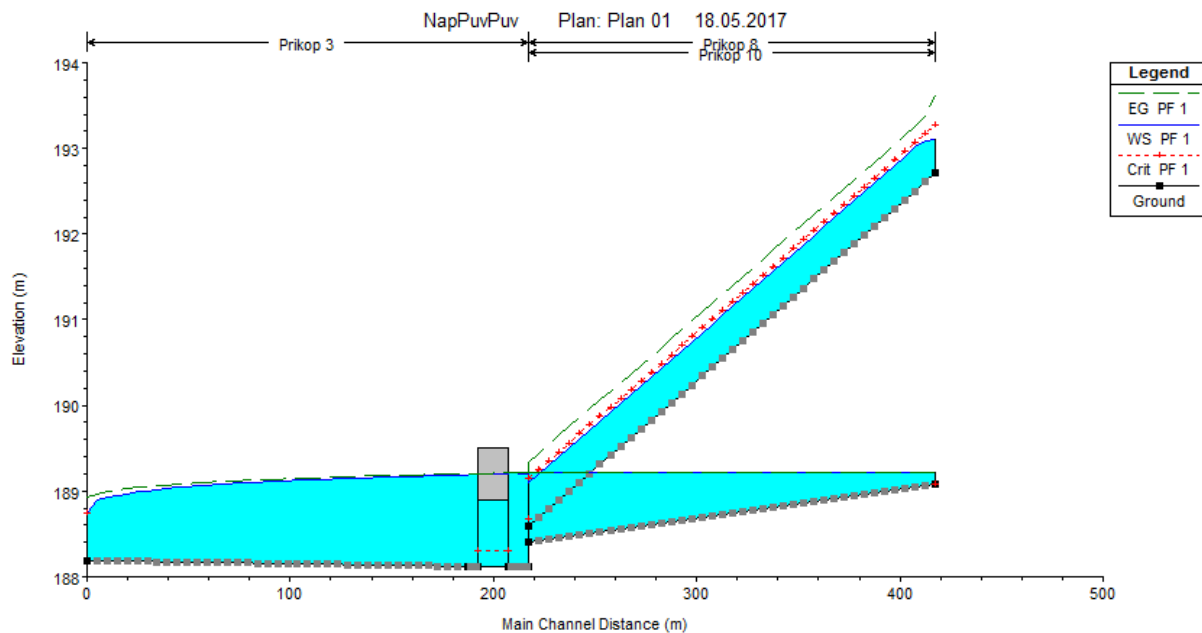
Výpočtem v programu HEC-RAS byl posouzen současný stav zájmového území na Q_{10} .

Program HEC-RAS 4.1.0 umožňuje výpočet proudění v otevřených korytech v ustáleném i v neustáleném režimu. Pro tento výpočet bylo uvažováno ustálené proudění.

Při desetiletém průtoku $1,236 \text{ m}^3/\text{s}$ dojde k zatopení zájmového pozemku v šířce asi 20 m v trase údolnice. Takový rozliv zasáhne i do areálu firmy Sygnum Immo. Napříč posuzovaným pozemkem musí při Q_{10} protéct $0,49 \text{ m}^3/\text{s}$ vody.

Při tomto průtoku se rovněž ukázalo, že most procházející pod komunikací E55 severně od zájmového pozemku nevyhoví normě pro mosty, protože ačkoliv nedojde k přelítí komunikace, vzniká pod mostem tlakové proudění. Tato skutečnost je dána konfigurací terénu, při které voda příkopem za mostem neodtéká. To je důvodem, proč by ani zvětšení profilu mostní konstrukce nebylo řešením.

Všechny propustky jsou při posouzení na Q_{10} dostatečně kapacitní.

Obrázek 2.3.6 Výstup z HEC-RAS – rozliv v údolnici při Q_{10} Obrázek 2.3.7 Průchod Q_{10} mostní konstrukcí



Obrázek 2.3.8 Fotografie mostní konstrukce [E.Ferencová]



Obrázek 2.3.9 Fotografie pořízená při rozlivu vody 21.2.2017 [SYGNUM IMMO s.r.o]



Obrázek 2.3.10 Fotografie pořízená při rozlivu vody 21.2.2017 [SYGNUM IMMO s.r.o]

Tabulka 2.3.3 Výstup z HEC.RAS: Výsledná tabulka výpočtu posouzení současného stavu

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Top Width
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m)
2	1.03	PF 1	0.49	204.56	204.85	204.98	205.26	0.06	2.81	0.89
2	0.94	PF 1	0.49	202.96	203.59		203.63	0.00	0.83	1.57
7	0.94	PF 1	0	203.9	203.91	203.91	203.91	0.00	0.05	0.7
7	0.74	PF 1	0	199.13	199.67		199.67	0.00	0	1.37
1	1.24	PF 1	0.35	207.46	207.75	207.81	207.95	0.03	1.99	0.89
1	1.15	PF 1	0.35	204.4	205.02		205.04	0.00	0.6	1.54
1	1.145	PF 1	0.35	204.4	205.01	204.75	205.03	0.00	0.62	1.53
1	1.14		Culvert							
1	1.13	PF 1	0.35	203.2	203.41	203.55	203.96	0.12	3.28	0.71
1	1.11	PF 1	0.35	202.5	203.11	202.85	203.13	0.00	0.62	1.53
1	1.105		Culvert							
1	1.1	PF 1	0.35	202.3	202.6	202.65	202.79	0.03	1.92	0.9
1	0.64	PF 1	0.35	189.22	189.52	189.57	189.71	0.03	1.96	0.89
4	0.84	PF 1	0.4	203.14	203.41	203.52	203.77	0.06	2.68	0.83
4	0.74	PF 1	0.4	199.13	199.42	199.51	199.7	0.04	2.31	0.89
5	0.74	PF 1	0.4	199.13	199.42	199.51	199.7	0.04	2.31	0.89
5	0.73	PF 1	0.4	198.92	199.6	199.3	199.62	0.00	0.6	1.67

5	0.725		Culvert							
5	0.715	PF 1	0.4	198.59	198.92	198.97	199.12	0.03	2.01	0.94
5	0.44	PF 1	0.4	192.71	193.45		193.46	0.00	0.53	1.77
6	0.94	PF 1	0.49	202.97	203.62		203.62	0.00	0.07	21.74
6	0.939	PF 1	0.49	202.97	203.62	203.11	203.62	0.00	0.06	33.54
6	0.93		Culvert							
6	0.92125	PF 1	0.49	202.65	202.75	202.75	202.79	0.08	0.86	7.47
6	0.9025	PF 1	0.49	201.34	201.46	201.43	201.47	0.02	0.38	20.77
6	0.44	PF 1	0.49	193.58	193.66	193.66	193.68	0.10	0.63	19.48
8	0.44	PF 1	0.89	192.71	193.11	193.27	193.63	0.06	3.19	1.1
8	0.24	PF 1	0.89	188.59	189.1	189.15	189.34	0.02	2.19	1.31
10	0.64	PF 1	0	189.08	189.22	189.09	189.22	0.00	0	0.57
10	0.24	PF 1	0	188.4	189.22		189.22	0.00	0	1.93
3	0.24	PF 1	0.89	188.11	189.2	188.67	189.22	0.00	0.51	3.9
3	0.229	PF 1	0.89	188.11	189.21	188.3	189.21	0.00	0.21	3.9
3	0.225		Bridge							
3	0.2125	PF 1	0.89	188.12	189.21		189.21	0.00	0.21	3.9
3	0.2075	PF 1	0.89	188.12	189.19		189.21	0.00	0.58	3.9
3	0.02	PF 1	0.89	188.19	188.75	188.75	188.92	0.01	1.84	1.42
9	0.64	PF 1	0.34	187.79	188.45	188	188.46	0.00	0.31	2.33
9	0.536666	PF 1	0.34	187.79	188.45	188	188.46	0.00	0.31	2.33
9	0.35		Culvert							
9	0.123333	PF 1	0.34	187.77	188.42		188.42	0.00	0.33	2.28
9	0.02	PF 1	0.34	187.77	188.41		188.42	0.00	0.33	2.29
11	0.02	PF 1	1.24	187.77	188.01	188.23	188.86	0.10	4.07	1.49
11	0	PF 1	1.24	187.4	187.8	187.86	188.05	0.02	2.2	1.8

2.4 NÁVRH NOVÝCH OPATŘENÍ

2.4.1 Varianta A: Převedení vody příkopy mimo zájmový pozemek

Ve variantě A byla posuzována situace, která by nastala při zrušení propustku č.3, který přivádí vodu přímo na zájmový pozemek a umožnění odtoku z povodí č.2 průchod propustkem č.4. Technicky tato varianta spočívá v ucpání propustku č.3 a odkopání betonové zídky. Varianta se nabízí jako první řešení a z toho důvodu ji také firma Sygnum realizovala jako dočasné opatření k ochraně areálu. (obr.2.4.5)

Je však nutné posoudit, jaký vliv bude mít takový zásah na funkčnost sítě příkopů a propustků obklopující celý pozemek.



Obrázek 2.4.1 Schéma varianty A (foto [18])

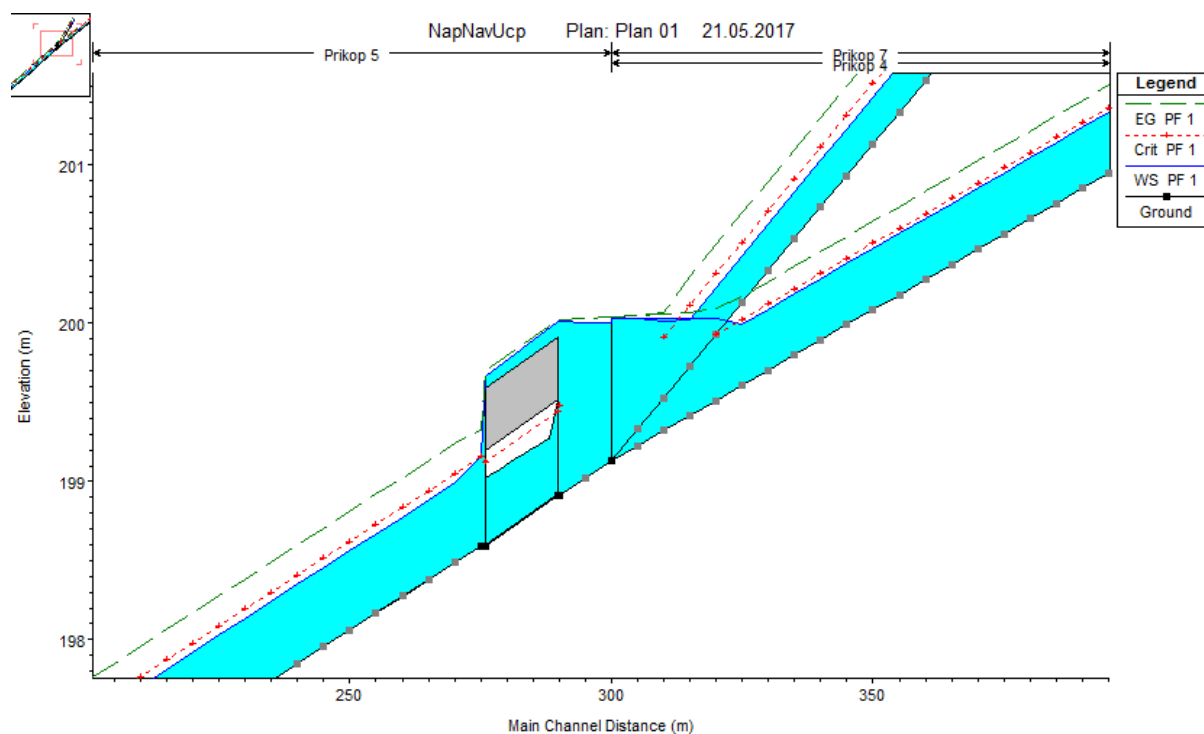
Výpočtem takto nastaveného modelu se ukázalo, že desetiletý průtok není možné provést propustkem č.4. Propustek DN 600 není dostatečně kapacitní a přes komunikaci přepadá $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$ vody. Vlivem konfigurace terénu by tato voda zřejmě přitekla na zájmový pozemek z východní strany, a proto samostatné ucpání propustku č.3 nad pozemkem neposkytuje dostatečnou ochranu.

Nedílnou součástí tohoto návrhu je tedy zvětšení současného propustku DN 600 na DN 900. Propustek těchto parametrů je dle výpočetního modelu již dostatečně kapacitní.

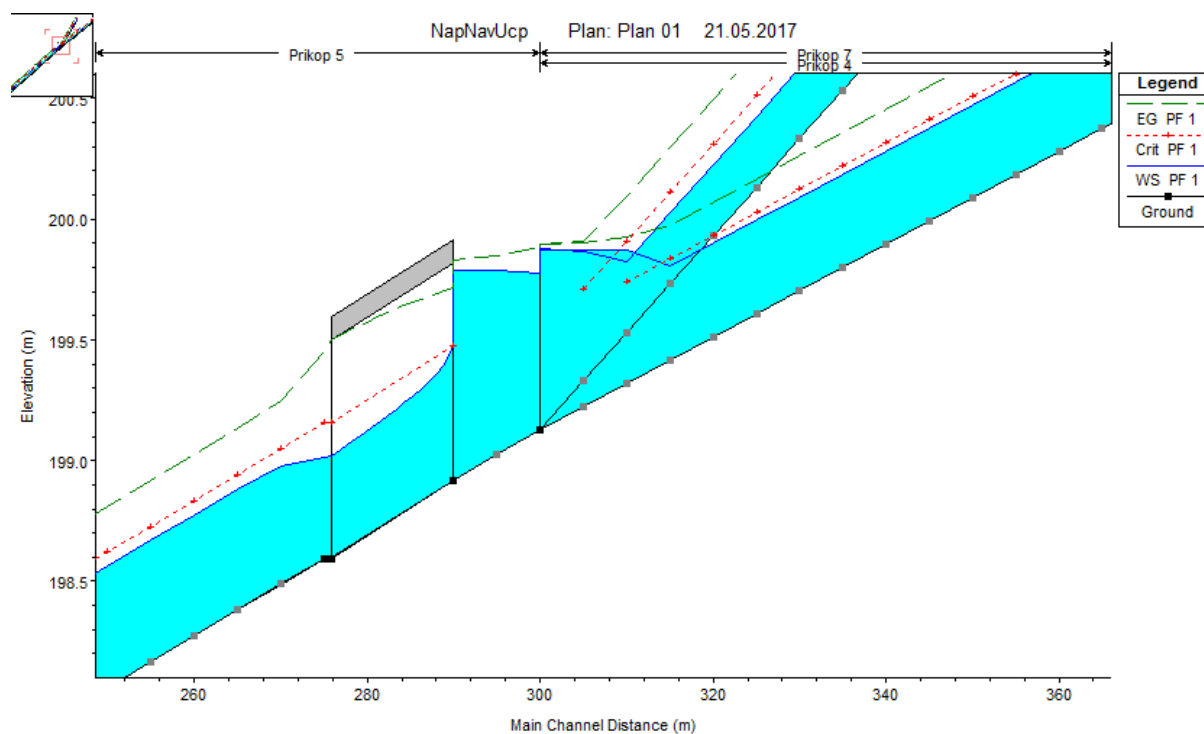
Tabulka 2.4.1 Výstup z HEC-RAS: Tabulka z výpočtu varianty A

Culvert Output					
File Type Options Help					
River:	Prikop	Profile:	PF 1	Culv Group:	Culvert #1
Reach	5	RS:	.725	Plan:	Plan 01
Plan: Plan 01 Prikop 5 RS: .725 Culv Group: Culvert #1 Profile: PF 1					
Q Culv Group (m3/s)	0.66	Culv Full Len (m)		Culv Vel US (m/s)	2.34
# Barrels	1	Culv Vel DS (m/s)	3.13	Culv Inv El Up (m)	198.92
Q Barrel (m3/s)	0.66	Culv Inv El Dn (m)	198.60	Culv Frctn Ls (m)	0.37
E.G. US. (m)	200.03	Culv Exit Loss (m)	0.19	Culv Entr Loss (m)	0.14
W.S. US. (m)	200.02	Q Weir (m3/s)	0.23	Weir Sta Lft (m)	0.00
E.G. DS (m)	199.33	Weir Sta Rgt (m)	4.30	Weir Submerg	0.00
W.S. DS (m)	199.16	Weir Max Depth (m)	0.12	Weir Avg Depth (m)	0.11
Delta EG (m)	0.70	Weir Flow Area (m2)	0.49	Min El Weir Flow (m)	199.92
Delta WS (m)	0.86				
E.G. IC (m)	200.03				
E.G. OC (m)	199.93				
Culvert Control	Inlet				
Culv WS Inlet (m)	199.52				
Culv WS Outlet (m)	199.02				
Culv Nml Depth (m)	0.44				
Culv Crit Depth (m)	0.52				

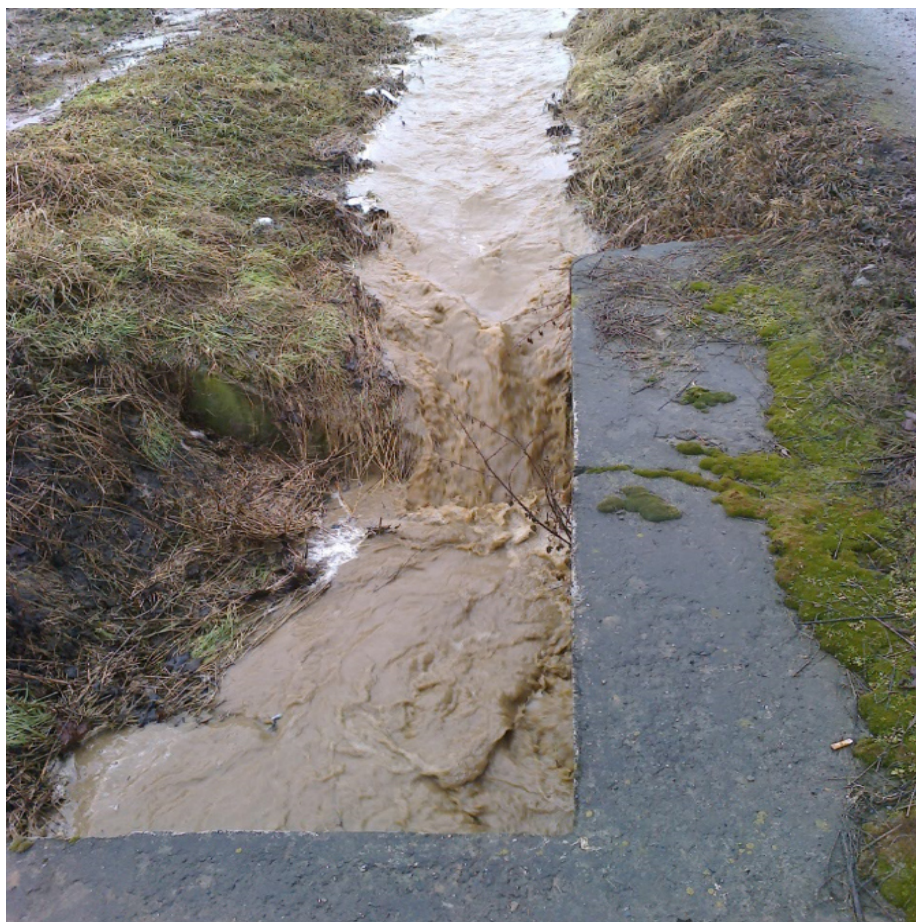
Bakalářská práce



Obrázek 2.4.2 Ukázka z HEC-RAS: podélný profil propustkem č.4 (DN 600)



Obrázek 2.4.3 Ukázka z HEC-RAS: podélný profil propustkem č.4 (DN 900)



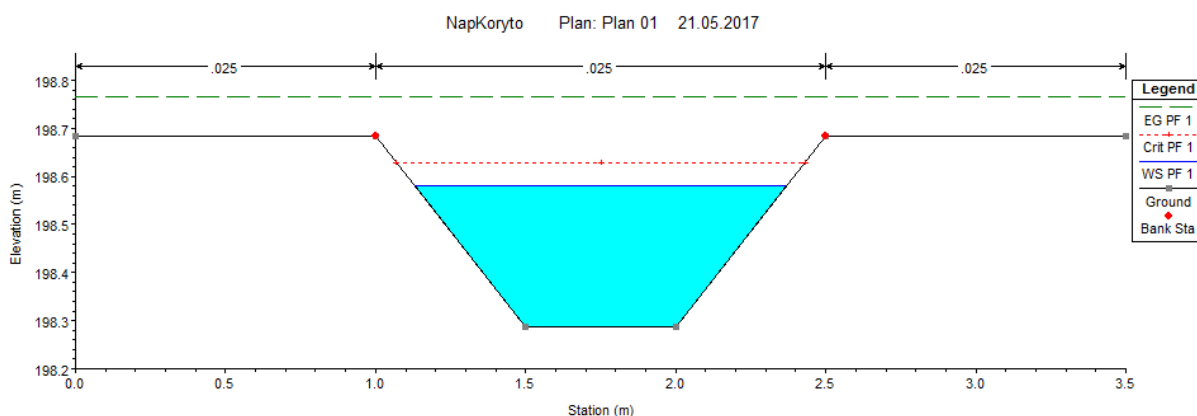
Obrázek 2.4.4 Propustek č.3 21.2.217 před odkopáním zídky [SYGNUM IMMO s.r.o]



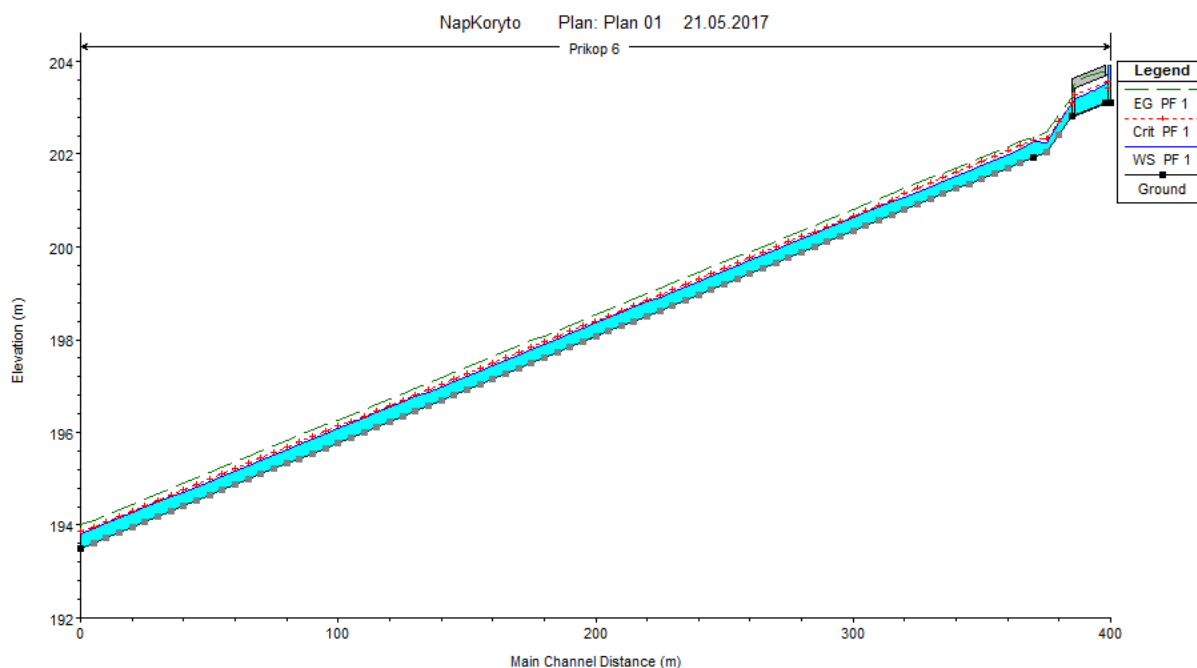
Obrázek 2.4.5 Dočasné opatření – ucpání propustku č.3 a odkopání zídky (E.Ferencová)

2.4.2 Varianta B: Převedení vody přes pozemek nově vybudovaným příkopem

Varianta B spočívá ve vybudování příkopu napříč zájmovým pozemkem, který by zabránil rozlivu vody. Bylo navrženo koryto s lichoběžníkovým příčným profilem, sklony svahů 1:1 a šířkou ve dně 0,5 m. (obr.2.4.6) Systém s novým korytem v navrhovaném profilu plně vyhoví na Q_{10} a poskytuje tak dostatečnou ochranu pro celé zájmové území. Trasa příkopu byla navržena v trase přirozené údolnice, jeho délka je asi 415 m. Návrh počítá se stabilizací dna příkopu prefabrikovanými žlabovkami a opevnění svahů travním drnem.



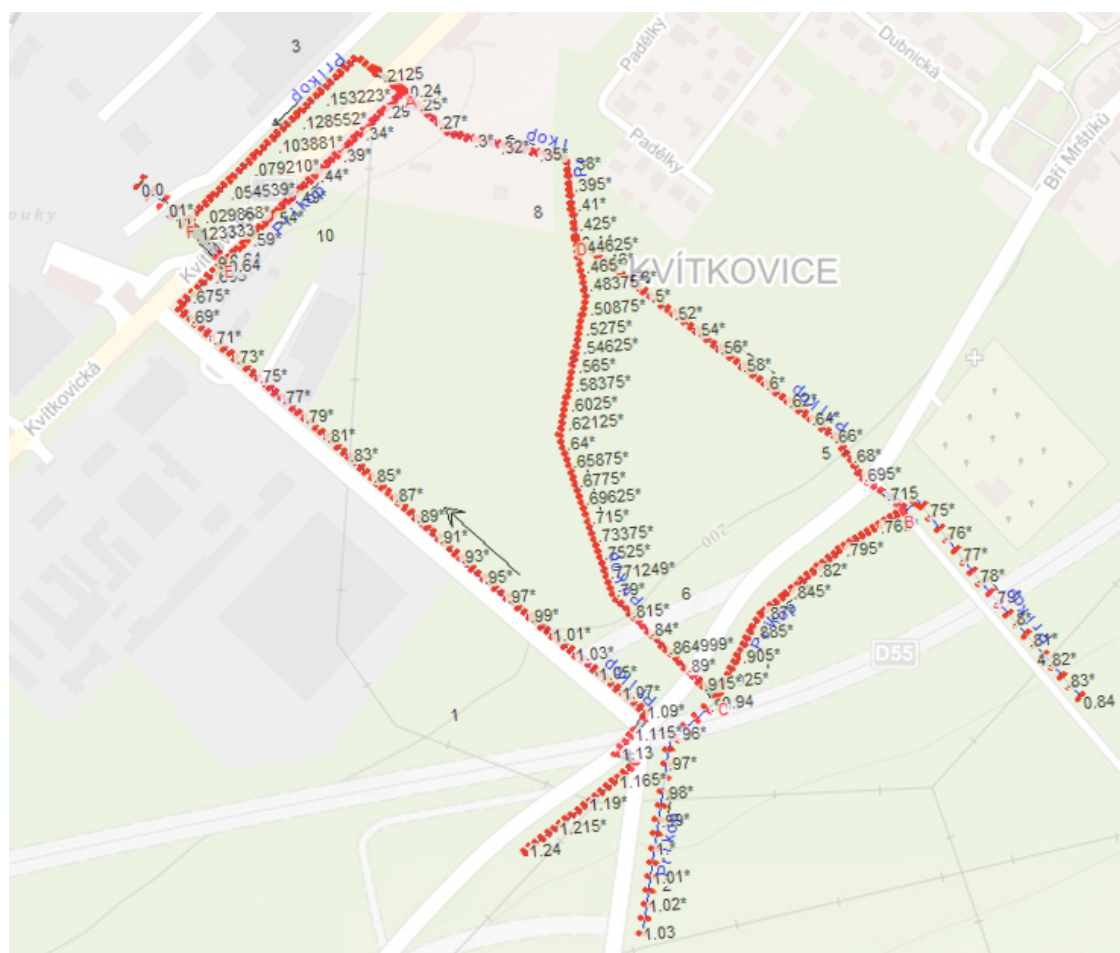
Obrázek 2.4.6 Ukázka z HEC-RAS: Příčný profil novým příkopem



Obrázek 2.4.7 Ukázka z HEC-RAS: Podélný profil novým příkopem

Tabulka 2.4.2 Výstup z HEC-RAS: Propustek 3 je dostatečně kapacitní

River:	Přikop	Profile:	PF 1	Culv Group:	Culvert #1
Reach:	6	RS:	0.93	Plan:	Plan 01
Plan: Plan 01 Přikop 6 RS: 0.93 Culv Group: Culvert #1 Profile: PF 1					
Q Culv Group (m3/s)	0.49	Culv Full Len (m)			
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	2.10		
Q Barrel (m3/s)	0.49	Culv Vel DS (m/s)	2.75		
E.G. US. (m)	203.91	Culv Inv El Up (m)	203.12		
W.S. US. (m)	203.91	Culv Inv El Dn (m)	202.82		
E.G. DS (m)	203.23	Culv Frctn Ls (m)	0.24		
W.S. DS (m)	203.11	Culv Exit Loss (m)	0.33		
Delta EG (m)	0.68	Culv Entr Loss (m)	0.11		
Delta W/S (m)	0.79	Q Weir (m3/s)			
E.G. IC (m)	203.90	Weir Sta Lft (m)			
E.G. OC (m)	203.91	Weir Sta Rgt (m)			
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg			
Culv W/S Inlet (m)	203.58	Weir Max Depth (m)			
Culv W/S Outlet (m)	203.18	Weir Avg Depth (m)			
Culv Nml Depth (m)	0.35	Weir Flow Area (m2)			
Culv Crt Depth (m)	0.46	Min El Weir Flow (m)	203.92		



Obrázek 2.4.8 Geometrický model s nově navrženým příkopem

Firma Sygnum Immo s.r.o. svépomocí vytvořila provizorní příkop, který prakticky odpovídá navrhovanému řešení. Zkombinovali tak variantu A a variantu B, když částečně ucpali propustek č.3 nad pozemkem a vybagrovali improvizovaný odvodňovací kanál. (obr. 2.4.10) Toto řešení však není dlouhodobě udržitelné a zejména v případě další zástavby bude nutné ochranu před extravilánovou vodou skutečně vyřešit.



Obrázek 2.4.9 Zanesený propustek [E.Ferencová]



Obrázek 2.4.10 Provizorní příkop [E.Ferencová]



Obrázek 2.4.11 Provizorní příkop [E.Ferencová]

Je třeba říci, že všechny příkopy i propustky byly posuzovány jako udržované a čisté, což ne úplně odpovídá jejich skutečnému stavu. (obr.2.4.9)

Zejména v nejnižše položených příkopech je vlivem malého sklonu a nízké rychlosti pohybu vody silná vrstva zanesení. Odhadovaná výška sedimentů místy i několik desítek centimetrů. Pro dosažení efektivního odvedení vod je nutné příkopy vyčistit, odstranit nános sedimentů a zajistit jejich průběžnou údržbu.

2.5 POROVNÁNÍ VARIANT ŘEŠENÍ

Do výše nákladů na zvětšení propustku (varianta A) bylo uvažováno:

- demolice současného propustku DN 600 pod komunikací III.třídy,
- vybudování nového betonového propustku DN 900 s čely z lomového kamene
- výkopové a zemní práce, doplnění rýhy
- odvoz a přesun suti ze staveniště

Celková odhadovaná cena je 245 000 Kč bez DPH.

Do výše nákladů na vybudování příkopu v délce cca 400 m (varianta B) bylo uvažováno:

- výkopové práce v polní trati
- svahování
- stabilizace dna příkopu prefabrikovanými žlabovkami
- zatravnění svahů travním drnem

Celková odhadovaná cena je 600 000 Kč bez DPH.

Do odhadu cen nebyly uvažovány vedlejší rozpočtové náklady jako náklady na zařízení staveniště, provozní vlivy a jiné.

Podklady pro určení ekonomické náročnosti posuzovaných variant poskytla Ing. Roubcová, autorizovaná inženýrka v oboru vodního hospodářství a krajinného inženýrství.

Kromě samotné výše nákladů je dalším důležitým aspektem, kdo tyto náklady ponese. Zatímco varianta A – tedy zvětšení propustku pod komunikací, by byla financována z veřejných rozpočtů, případně z příslušného dotačního programu; varianta B – příkop na parcelách určených k průmyslové zástavbě, by mohl být financován ze soukromých zdrojů. Obec má možnost podmínit další výstavbu právě vybudováním odvodňovacího příkopu a díky tomu by se sama zbavila finančního břemene.

3 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout takové řešení, které účinně a bezpečně převede vodu z výše položených dílčích povodí mimo zájmový pozemek. Byly navrženy dvě varianty možného řešení, z nichž obě vyhoví na návrhový průtok Q_{10} .

Správná funkčnost obou návrhů je podmíněna zlepšením péče o již existující systém odvodnění. Pokud budou propustky ucpané a příkopy zanesené a silně zarostlé vegetací, nebude efektivně fungovat žádné technické řešení.

Vzhledem k tomu, že obě navrhované varianty vyhovují na požadovaný průtok a jiné omezující podmínky nebyly definovány, je rozhodnutí o realizaci konkrétního řešení pouze na představitelích obce. Z porovnání obou variant z finančního hlediska vychází jako cenově příznivější varianta ucpání propustku nad zájmovým pozemkem a zvětšení propustku č.4. Z hlediska obce však ve prospěch druhé varianty hovoří přenesení finančního břemene na soukromé subjekty, k jejichž ochraně má opatření sloužit.

At' už se zástupci obce rozhodnou pro jeden z návrhů této práce nebo přijdou s návrhy dalšími, je jasné, že bude třeba tento problém ve velmi blízké době vyřešit. Otázkou však zůstává, zda návrh a vystavění ochranných opatření nemělo předcházet výstavbě průmyslových areálů. Jistě by se tak předešlo majetkovým škodám, které voda již napáchala.

4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DUMBROVSKÝ, Miroslav a Rudolf MILERSKI. Vodní hospodářství krajiny II. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005
- [2] NERUŠIL, Pavel, Alois KOHOUTEK, Věra ODSTRČILOVÁ, Milan VACH, Miloslav JAVŮREK a Zdeněk STRAŠIL. Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2015. ISBN 978-80-7427-180-9
- [3] JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9
- [4] Nabídka mapových a datových produktů [online]. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: http://www.vumop.cz/sites/default/files/2016_katalogMap.pdf
- [5] Voda v krajině: sborník příspěvků z konference: [Lednice ..]. Praha: Ministerstvo zemědělství, Celostátní síť pro venkov v nakl. Český hydrometeorologický ústav, 2010-. ISBN 978-80-86690-79-7
- [6] Vodní eroze [online]. 2006 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://eroze.sweb.cz/>
- [7] NOVOTNÝ, Ivan. Příručka ochrany proti vodní erozi: [aktualizované znění – leden 2014]. 2., aktualiz. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014. ISBN 978-80-87361-33-7
- [8] PODHRÁZSKÁ, Jana a Jana KOZLOVSKY DUFKOVÁ. Protierozní ochrana půdy. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. ISBN 80-7157-856-8
- [9] Hydromeliorace. Hydrologické skupiny půd [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.hydromeliorace.cz>
- [10] Jan Vopravil a kol. Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině [online]. Praha: VÚMOP, v.v.i, 2010 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/176029/Text_studie_TPS.pdf
- [11] DUMBROVSKÝ, Miroslav. Nepříznivé důsledky povrchového odtoku a jejich eliminace v procesu pozemkových úprav: Adverse consequences of surface runoff and its conservation in the land consolidation process : teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru Vodní hospodářství a vodní stavby. Brno: VUTIU, 2013. ISBN 978-80-214-4699-1

- [12] TNV 75 2415 Suché nádrže. Praha: Hydroprojekt CZ, 2006. Odvětvová technická norma vodního hospodářství
- [13] MZE a MŽP. NÁRODNÍ PLÁN POVODÍ DUNAJE: Kapitola V. Souhrn opatření k dosažení cílů [online]. In: . s. 72 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/437792/NPP_Dunaj_kapitola_V.pdf
- [14] STARÝ, Miloš. Nádrže a vodohospodářské soustavy. Vyd. 2., přeprac. Brno: Vysoké učení technické, 1990. ISBN 80-214-0191-5
- [15] Metodika vymezení krajinného prvku „mokřad“. In: Eagri [online]. 2016 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/456017/Metodika_mokrad_total_final.pdf
- [16] Město Napajedla [online]. 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.napajedla.cz>
- [17] Geoportál [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
- [18] Mapy [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://mapy.cz>
- [19] VACEK, Zdeněk. Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum v areálu projektovaného skladu SYGNUM IMMO, s.r.o.: KVÍTKOVICE - NAPAJEDLA. 2014
- [20] Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz>
- [21] ŠÁLEK, Jan. Vodní hospodářství krajiny I. Brno: PC-DIR, 1997. ISBN 80-214-0949-5.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.2.1 Typy vodní eroze [6]	14
Tabulka 1.2.2 Hodnoty přípustné ztráty v závislosti na hloubce půdy [4].....	16
Tabulka 2.3.1 Hodnoty maximálních 1-denních srážkových úhrnů podle Hrádka	22
Tabulka 2.3.2 Rozdělení odtoku z dílčích povodí	23
Tabulka 2.3.3 Výstup z HEC.RAS: Výsledná tabulka posouzení současného stavu.....	27
Tabulka 2.4.1 Výstup z HEC-RAS: Tabulka z výpočtu varianty A.....	30
Tabulka 2.4.2 Výstup z HEC-RAS: Propustek 3 je dostatečně kapacitní	34

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1.1 Schéma rozdělení prostorů v nádrži [14]	9
Obrázek 1.1.2 Schéma záchytného kanálu [1]	11
Obrázek 1.1.3 Příčné řezy záchytným kanálem [1]	11
Obrázek 1.1.4 Soustava záchytných příkopů [1]	12
Obrázek 1.2.1 Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí [4]	14
Obrázek 2.2.1 Parcely zájmového území [17]	18
Obrázek 2.2.2 Sklonové poměry [17]	18
Obrázek 2.2.3 Historická mapa z poloviny 19. století [18]	19
Obrázek 2.2.4 Mapa hydrogeologických rajónů [20]	20
Obrázek 2.3.1 Současné rozmístění a velikost propustků (foto [18])	21
Obrázek 2.3.2 Ukázka z programu HEC-RAS: Model řešeného území	21
Obrázek 2.3.3 Zdrojová plocha odtoku	22
Obrázek 2.3.4 Ukázka výpočtu podle Směrnice pro velmi malá povodí	23
Obrázek 2.3.5 Přítok vody z dílčích povodí a směr pohybu vody v zájmové oblasti	24
Obrázek 2.3.6 Výstup z HEC-RAS – rozliv v údolnici při Q_{10}	25
Obrázek 2.3.7 Průchod Q_{10} mostní konstrukcí	25
Obrázek 2.3.8 Fotografie mostní konstrukce [E.Ferencová]	26
Obrázek 2.3.9 Fotografie pořízená při rozlivu vody 21.2.2017 [SYGNUM IMMO s.r.o] ..	26
Obrázek 2.3.10 Fotografie pořízená při rozlivu vody 21.2.2017 [SYGNUM IMMO s.r.o]	27
Obrázek 2.4.1 Schéma varianty A (foto [18])	29
Obrázek 2.4.2 Ukázka z HEC-RAS: podélný profil propustkem č.4 (DN 600)	31
Obrázek 2.4.3 Ukázka z HEC-RAS: podélný profil propustkem č.4 (DN 900)	31
Obrázek 2.4.4 Propustek č.3 21.2.217 před odkopáním zídky [SYGNUM IMMO s.r.o] ..	32
Obrázek 2.4.5 Dočasné opatření – ucpání propustku č.3 a odkopání zídky (E.Ferencová)	32
Obrázek 2.4.6 Ukázka z HEC-RAS: Příčný profil novým příkopem	33

Obrázek 2.4.7 Ukázka z HEC-RAS: Podélný profil novým příkopem.....	33
Obrázek 2.4.8 Geometrický model s nově navrženým příkopem	34
Obrázek 2.4.9 Zanesený propustek [E.Ferencová].....	35
Obrázek 2.4.10 Provizorní příkop [E.Ferencová].....	35
Obrázek 2.4.11 Provizorní příkop [E.Ferencová].....	36

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q	průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
USLE	Univerzální rovnice ztráty půdy
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
k.ú.	katastrální území
TNV	odvětvová technická norma
Sb.	sbírka zákonů
DN	jmenovitý vnitřní průměr
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální